

# 土钉墙在深基坑中的设计应用

孙小杰<sup>1</sup>, 魏焕卫<sup>2</sup>, 杨峻岿<sup>3</sup>

(1. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013; 2. 山东建筑大学土木工程学院, 山东 济南 250101; 3. 山东省假肢矫形康复中心, 山东 济南 250014)

**摘要:**介绍了滕州贵和世纪佳苑一号楼及公寓楼地下车库基坑支护方案的设计和施工, 采用了土钉、挂网锚喷等工艺方法进行了支护设计及施工, 做到了经济合理和安全可行, 并介绍了本工程遇到的特殊情况的处理, 给类似工程有很好的借鉴作用。

**关键词:**基坑支护; 土钉墙; 挂网锚喷; 面层; 注浆

**中图分类号:** TU473 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)11-0039-03

**Design and Application of Soil-nailing in Deep Excavation/SUN Xiao-jie<sup>1</sup>, WEI Huan-wei<sup>2</sup>, YANG Jun-kui<sup>3</sup>** (1. Shandong Provincial Institute of Geological & Geochemical Exploration, Jinan Shandong 250013, China; 2. School of Civil Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan Shandong 250101, China; 3. Shandong Prosthetics & Orthotics Rehabilitation Center, Jinan Shandong 250014, China)

**Abstract:** The paper introduced the design and construction of an excavation support scheme for an underground garage, soil-nailing and anchoring shotcrete with wire mesh were adopted with economic and reasonable effect. Some special treatment in this construction could be the reference for the similar project.

**Key words:** excavation support; soil-nailing wall; anchoring shotcrete with wire mesh; surface layer; grouting

## 1 工程概况

滕州贵和世纪佳苑一号楼及公寓楼拟建地下车库, 该基坑北侧、东侧为市内公路, 北侧基础边线距龙山东路约 8~12 m, 东侧基础边线距村间马路约 5.5 m, 西侧和南侧距建筑物和道路较远, 该基坑东西长约 144 m, 南北宽约 82 m, 基坑平面呈不规则梯形(见图 1); 基坑设计开挖深度为 12.1 m; 为了保证基坑周边环境的安全, 需要对该基坑进行支护。

场地地基土自上而下分为 6 层, 依次为: ①耕土; ②粉质粘土; ③碎石土; ④粘土; ⑤粘土混砂; ⑥强风化泥岩。各土层物理力学性能指标见表 1。

表 1 场区各土层物理力学性能指标表

层序	土层名称	层厚 /m	重度 $\gamma$ /( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )	粘聚力 $c$ /kPa	内摩擦角 $\varphi$ /( $^\circ$ )
①	耕土	0.5	18.0	10.0	5.0
②	粉质粘土	2.8	18.6	20.0	12.2
③	碎石土	1.4	19.0	5.0	30.0
④	粘土	3.8	19.0	39.0	10.9
⑤	粘土混砂	1.5	19.3	30.0	20.0
⑥	强风化泥岩	5.6	19.5	40.0	35.0

地下水位埋深 2.10 m 左右, 地下水为潜水, 地下水主要赋存于③碎石土、⑤粘土混砂和⑥强风化泥岩中。

## 3 基坑支护设计

### 3.1 支护方案

据该场地的岩土工程条件, 采用土钉墙方式进行支护, 分成东、北侧和西、南侧 2 个支护单元。其中基坑北侧、东侧为市内公路, 上部 2 层土钉做成土层锚杆。基坑降水采用管井结合明排的方式进行降水。

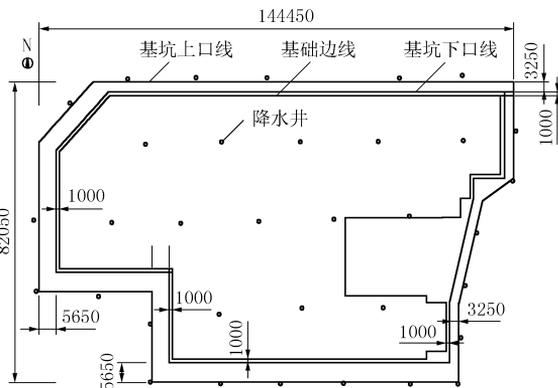


图 1 基坑平面布置图

## 2 工程地质条件

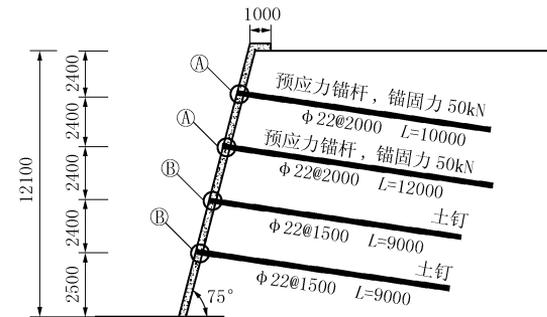
场区属山前倾斜平原地貌单元, 地势较平坦。

收稿日期: 2009-05-27

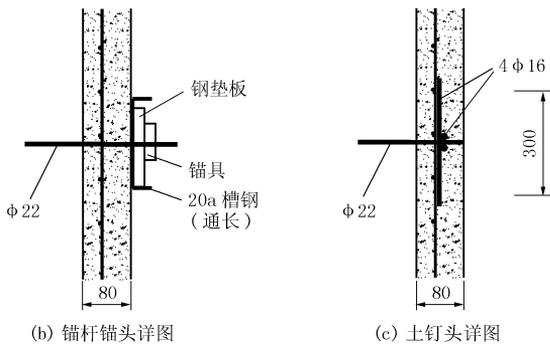
作者简介: 孙小杰(1971-), 男(汉族), 山东海阳人, 山东省物化探勘查院副总工程师、研究员, 探矿工程专业, 从事软土地基处理、桩基工程和基坑支护工程设计与施工技术管理工作, 山东省济南市历山路 56 号, sdsj1971@yahoo.com.cn。

### 3.2 东、北侧土钉墙支护

采用土钉墙支护,该面放坡角度  $75^\circ$  (见图2)。



(a) 东、北侧土钉支护剖面图



(b) 锚杆锚头详图

(c) 土钉头详图

图2 东、北侧支护剖面图

**土层锚杆支护:**顶部土层锚杆2层,锚杆与水平向夹角为  $5^\circ$ ,锚杆主体为  $\text{Ø}22$  mm 钢筋,锚杆钻孔直径为 110 mm,水平间距为 2.0 m,竖向间距为 2.4 m,长度 10、12 m。预应力锚杆锚头部位采用锚具+钢板+槽钢(通长),槽钢采用 20a 型,预加应力 50 kN。

**土钉支护:**土钉主体为  $\text{Ø}22$  mm 钢筋,土钉2层,钻孔直径为 110 mm,土钉与水平向夹角  $5^\circ$ ,水平间距为 1.5 m,竖向间距为 2.4 m,长度 9 m,土钉头采用4根  $\text{Ø}16$  mm 长 300 mm 钢筋组成的井字形锚头。

**注浆:**锚杆及土钉采用一次低压注浆,注浆压力 0.2~0.5 MPa,采用水灰比 0.5:1 水泥浆液,水泥采用 32.5R 普通硅酸盐水泥。

**喷射面层:**面层厚度为 80 mm,强度 C20,挂单层  $\text{Ø}8@200 \times 200$  的钢筋网,钢筋网搭接长度为 300 mm;面层钢筋网固定时,将  $\text{Ø}16$  mm ( $L=300$  mm) 短钢筋击入土层,外部与面层钢筋网连接,短钢筋间距为  $2000 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$ ;面层顶部上翻地面 1.0 m。

### 3.3 西、南侧土钉支护

采用土钉墙支护,该面放坡角度  $65^\circ$  (见图3)。

**土钉支护:**土钉4层,土钉主体为  $\text{Ø}22$  mm 钢筋,钻孔直径为 110 mm,土钉与水平向夹角  $5^\circ$ ,水

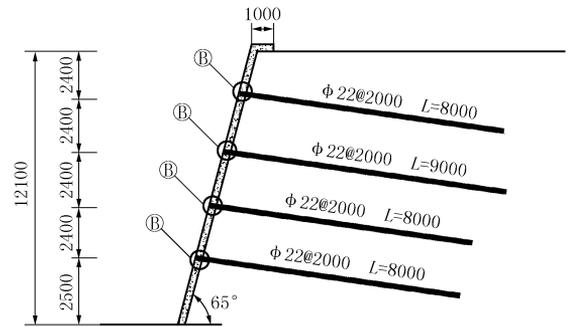


图3 西、南侧土钉支护剖面图

平间距为 2.0 m,竖向间距为 2.4 m,长度 8、9、8、8 m,土钉头采用4根  $\text{Ø}16$  mm 长 300 mm 钢筋组成的井字形锚头(见图2c)。

**注浆:**土钉采用一次低压注浆,注浆压力 0.2~0.5 MPa,采用水灰比 0.5:1 水泥浆液,水泥采用 32.5R 普通硅酸盐水泥。

**面层喷射:**面层厚度为 80 mm,强度 C20,挂单层  $\text{Ø}8@200 \times 200$  的钢筋网,钢筋网搭接长度为 300 mm;面层钢筋网固定时,将  $\text{Ø}16$  mm ( $L=300$  mm) 短钢筋击入土层,外部与面层钢筋网连接,短钢筋间距为  $2000 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$ ;面层顶部上翻地面 1.0 m。

### 3.4 降水

降水采用管井降水结合明排的降水方案,共设计降水井 37 眼,在基坑外侧布降水井 24 眼,井距约 15 m,井深 14.0 m,基坑内侧平均布设 13 眼,井深 15.0 m;井身直径 600 mm,井管外径 500 mm。

## 4 特殊情况技术处理

### 4.1 局部坍塌

基坑北侧中部开挖至第④粘土时,由于土方超挖深度过大,且该层粘土属膨胀性土,土体竖向节理发育,节理面为白色粘性土,出现了局部坍塌,塌方范围长度 39 m、高度 0.7~1.3 m、深度 0.4~0.75 m。

**处理方法:**将塌方处立即进行坡脚回填;人工进行清理,在塌方中下部每隔 1.0 m 打入  $\text{Ø}22$  mm 长度 1.5~2.0 m 短钢筋,利用粉煤灰轻质砖进行垒筑,同时每隔 2.0 m 埋入直径 25 cm 注浆管和每隔 1.5 m 埋入直径 130 mm PVC 管预留施工锚杆用,然后挂网喷射厚度 10 cm 强度 C20 砼面层,并掺入早强剂,固结 3 天后进行注浆处理,注浆处理结束 24 h 在预留孔内施工长度 4.5 m 土层锚杆,水泥浆中掺入早强剂,待锚固体固结 3 天后安放 20a 型钢,并预加 10 kN 预应力,解决了坍塌问题。

**预防措施:**开挖该层土时,每次开挖深度不超过

1.0 m,并及时喷射厚度4~5 cm素砼面层,减少该土层的暴露时间,防止土体收缩出现裂隙,然后再施工土钉。

#### 4.2 地下水的控制

(1)基坑侧壁渗水处理:基坑开挖后,在基坑东北角深度4.5 m左右位置出现渗漏,分析原因距离基坑12 m处为一中学下水管道,下水管道有渗漏点,每天白天学生在校时渗漏严重。

处理方法:在渗漏处插入直径25 mm导水管,将水导入基坑底部的排水沟内排走。

(2)坑底积水处理:基坑开挖后,原来施工降水井多被挖土破坏,基底为强风化泥岩,水随着岩层裂隙流出,水量较大。

处理方法:采用集水坑明排的方式进行了降水。沿基坑周边挖设宽约0.4 m、深约0.6~1.0 m排水沟,排水沟采用1~3 cm石子回填,每隔约25 m挖设宽0.6 m、深0.8 m集水坑,集水坑中下入井管,放入水泵进行明排;基坑内部每隔15~20 m或积水较多处挖设宽0.3 m、深0.5 m盲沟与基坑边缘排水沟相连,盲沟采用1~3 cm石子填平,在集水坑中下入潜水泵抽水,成功地将地下水降至基底以下。

(3)电梯井底积水处理:该楼基底共有4个电梯井,电梯井基底比坑底超深1.2 m,其中有3个电梯井积水。

处理方法:采用预埋PVC管自吸泵抽水的方式进行了降水。在电梯井底部挖设宽约0.4 m、深约0.6 m盲沟,将直径25 mm的PVC管放入盲沟底部,PVC管底部做成花管,外包16目尼龙网,盲沟采用1~3 cm石子填平,将PVC管挖浅沟埋设引到基坑边缘排水沟,再接上自吸泵进行抽水,成功地解决了电梯井积水问题。

(上接第35页)

综上所述,灌后覆盖层的防渗能力基本达到了设计防渗标准要求,验证了现行设计方案的可行性。

#### 4 结论

(1)深层76 m非灌段跟管作业中所采用的钻孔结构( $\varnothing 168/127$  mm)、高风压空压机、风动潜孔锤偏心跟管技术是可行的。完成的深厚覆盖层跟76 m套管的成果填补了该项指标空白。

(2)试验灌浆采取了“自上而下分段、孔口封闭、孔内循环、喷射灌浆法”灌注水泥-膨润土稳定浆液的灌浆工艺,技术可行,效果良好,用于黄金坪

#### 5 基坑监测

对基坑土钉墙共布设12个观测点进行了沉降和位移观测,从基坑开挖到基坑施工至 $\pm 0.0$  m,累计5个多月时间内共进行32次沉降和位移观测;土钉墙沉降量在0.5~16 mm之间,其中基坑北侧中部沉降累计最大16 mm,其他基坑周边沉降在0.5~6.8 mm之间;土钉墙位移量在0.0~10.0 mm之间,基坑周边位移观测最大位移点在北侧中部土钉墙部位,最大位移为10 mm,其他基坑周边土钉墙位移在0.0~5.0 mm之间。2008年11月该建筑物已封顶。通过基坑监测结果看本工程采用土钉墙、挂网锚喷支护的方案是成功的。

#### 6 结语

(1)根据不同的场地条件和地质条件,采取不同的方式进行合理的优化设计,能使基坑支护既经济合理又安全可行。

(2)膨胀土地层基坑开挖,应尽量少挖勤护,防止膨胀土失水收缩,出现坍塌现象。

(3)该处地层基底为强风化泥岩,原考虑泥岩中含水量较少和泥岩中成井难度较大,设计时降水井考虑深度较浅,最后采用了挖设盲沟和集水明排的方式进行了降水,基坑工程中降水问题是很关键的一个环节,降水井的深度宜深不宜浅。

#### 参考文献:

- [1] JGJ 120-99,建筑基坑支护技术规范[S].
- [2] GB 50086-2001,锚杆喷射混凝土支护技术规范[S].
- [3] 编写组.基础工程施工手册(第二版)[M].北京:中国计划出版社,2002.
- [4] 编委会.工程地质手册(第四版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.

水电站坝基覆盖层灌浆处理是适宜的。

(3)黄金坪水电站覆盖层帷幕灌浆试验采用了钻孔常水头注水试验、耐压压水试验、疲劳压水试验、五点法压水试验等多种检测方法对灌浆效果进行检查和测试,多种检测资料可以进行灌浆前后的对比分析并相互印证。因此,试验成果具有较好的代表性,达到了预期的试验目的,对今后的设计、施工具有指导意义,对其它类似工程具有重要的参考借鉴作用。

#### 参考文献:

- [1] 陈修星,冯杨文,侯锦,等.黄金坪水电站深厚覆盖层跟管钻进工艺研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(11).